MODIFIKASI ATMOSFIR DALAM PENGEMASAN (MAP) UNTUK PRODUK HORTIKULTURA SEGAR DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN PATOGEN

oleh:
Triyanto Hadisoemarto*

Modified Atmosphere Packaging (MAP) of Fresh Produce and Its Effects on the Pathogens Growth

Abstract

The quality of fresh produce depends primarily upon the selection and careful handling of good product. Such measures as harvesting at optimal maturity, minimizing injury due to handling, reducing microbial infection through proper sanitation, and maintaining optimum storage condition are important in maintaining postharvest quality. Once these primary requirements have been met, further maintenance of produce quality can be achieved through modification of the atmosphere surrounding the product, mainly by modified atmosphere packaging (MAP).

This paper reviews the effect of such technology on the pathogens growth which may be present in the fresh produce.

Intisari

Mutu produk hortikultura segar sangat tergantung pada proses pemilihan dan tingkat kehati-hatian dalam penanganan produk yang baik. Beberapa diantaranya yaitu cara panen pada tingkat kematangan optimal, minimasi kerusakan fisik akibat perlakuan yang kurang baik, mengurangi infeksi mikroba melalui sanitasi yang baik, serta menjaga kondisi penyimpanan optimum merupakan hal penting dalam mempertahankan mutu produk pasca panen. Apabila hal utama tersebut telah dilaksanakan, maka langkah selanjutnya dalam menjaga mutu produk hortikultura segar dapat dilakukan melalui modifikasi atmosfir di sekeliling produk, yaitu dengan modifikasi atmosfir dalam pengemasan (MAP).

Tulisan berikut mengulas tentang pengaruh dari teknologi ini terhadap pertumbuhan patogen yang mungkin terdapat di dalam produk hortikultura segar.

PENDAHULUAN

Secara kualitatif dapat diketahui bahwa jumlah produk hortikultura (buah-buahan dan sayuran segar) yang mengalami kerusakan setelah dipanen diperkirakan sebesar 20 – 40 persen, bahkan untuk ubi jalar di pulau Solomon misalnya, kerusakan bisa mencapai 65 persen dalam 8 minggu. Kerusakan tersebut umumnya disebabkan antara lain karena tidak tepatnya waktu panen serta kerusakan yang disebabkan oleh perlakuan mekanis, fisis dan biologis (7,11). Dengan demikian, mutu produk hortikultura segar sangat tergantung pada cara pemilihan dan cara penanganan saat panen, antara lain panen hendaknya dilakukan pada tingkat kematangan optimal, dan penanganan di-

kematangan optimal, dan penanganan dilakukan dengan tingkat kerusakan minimal, kemungkinan pertumbuhan mikroba diperkecil melalui proses sanitasi yang benar, serta mengatur kondisi ruang penyimpanan pada suhu dan kelembaban sesuai dengan jenis produk yang disimpan (1, 13). Hal ini perlu dilakukan mengingat bahwa gangguan patogen terhadap produk hortikultura tidak hanya berhenti sampai dengan panen saja, tetapi masih berlanjut sampai produk tersebut dikonsumsi (7).

Pendinginan akan memperlambat proses kerusakan dari produk hortikultura yang disimpan, namun apabila atmosfir disekitar produk juga dimodifikasi untuk mengurangi konsentrasi oksigen, maka dapat dipastikan umur simpan akan ber-

*Ahli Peneliti Madya Balai Besar Kimia dan Kemasan

tambah secara nyata, karena berkurangnya laju oksidasi kimiawi serta pertumbuhan mikroorganisme dan mikroflora aerobik yang merupakan penyebab utama terjadinya kerusakan produk hortikultura tersebut (8).

Teknologi yang digunakan untuk mengurangi kadar oksigen disekitar produk dalam kemasan dikenal sebagai Modifikasi Atmosfir dalam Pengemasan (MAP). Walaupun proses ini tercatat pertama kali tahun 1927 dalam upaya memperpanjang umur simpan buah apel, namun baru berkembang secara komersial pada tahun 1970-an. MAP diyakini pula sebagai cara terbaik untuk memperpanjang umur simpan sayuran segar yang sudah dirajang siap-pakai (8,11). Tulisan berikut akan mengulas secara sepintas pengaruh MAP produk hortikultura segar terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme, khususnya yang bersifat patogenik.

SIFAT DASAR

PRODUK HORTIKULTURA SEGAR

Metabolisme buah-buahan dan sayuran segar setelah dipanen akan tetap aktif untuk waktu yang relatif lama, baik karena adanya aktifitas endogen seperti misalnya proses respirasi maupun karena faktor luar misalnya luka fisik, pertumbuhan mikroflora, penguapan air, dan suhu penyimpanan (8). Faktor internal yang merupakan sifat mendasar dari produk hortikultura segar dan berpengaruh langsung pada umur simpan produk, antara lain:

1. *Laju Respirasi*

Respirasi atau pernafasan adalah suatu proses biologis dimana oksigen dari udara diserap untuk digunakan pada proses pembakaran yang menghasilkan energi dengan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran dalam bentuk CO_2 dan air (12). Kendati sudah dipetik, buah

dan sayuran segar masih tetap melakukan respirasi baik di luar maupun di dalam kemasan, dan diperlukan sejumlah oksigen agar proses metabolisme ini dapat berjalan dengan normal. Jumlah oksigen yang berlebih akan mempercepat proses metabolisme yang berakibat turunnya mutu dan berkurangnya umur simpan produk. Jenis buah atau sayuran yang berbeda, bahkan dengan varietas yang berbeda, akan memberikan laju respirasi yang berbeda pula. Disamping itu, apabila buah atau sayuran dipotong, dirajang (*sliced*) atau diproses, maka laju respirasinya akan naik. Hal ini mungkin disebabkan karena bertambahnya luas permukaan dari potongan produk sehingga mempercepat proses peresapan oksigen ke dalam sel, disamping makin naiknya aktifitas metabolik dari sel yang terpotong (14). Dalam tanaman proses respirasi sesungguhnya dapat terjadi baik secara aerobik maupun anaerobik. Yang dimaksud dengan respirasi secara anaerobik ialah proses respirasi dengan menggunakan senyawa penerima elektron bukan oksigen, tetapi menggunakan senyawa yang terdapat di dalam bahan itu sendiri; proses ini dikenal juga sebagai proses fermentasi. Dengan demikian, apabila persediaan oksigen tidak mencukupi, maka dalam produk hortikultura tersebut pola pembentukan energi akan berubah dari cara respirasi ke cara fermentasi. Bila buah-buahan melakukan proses fermentasi, maka energi yang diperoleh relatif sedikit per satuan berat substrat yang terse-

dia. Untuk memenuhi kebutuhan energi, maka diperlukan substrat (glukosa) dalam jumlah yang banyak, sehingga dalam waktu singkat persediaan substrat akan habis dan akhirnya buah-buahan tersebut akan busuk (12). Tabel 1 memperlihatkan laju respirasi dari

berbagai jenis buah dan sayuran segar. Secara umum dapat dikatakan bahwa produk hortikultura yang memiliki laju respirasi tinggi akan memiliki tingkat pembusukan yang tinggi pula dengan umur simpan yang pendek (4).

Tabel 1. Klasifikasi Berbagai Jenis Buah-buahan dan Sayuran Segar Berdasarkan Laju Respirasinya dalam Udara dan 3% O₂

Komoditas	Laju Respirasi – Produksi CO ₂ (ml kg ⁻¹ h ⁻¹)*						Laju Respirasi relatif pd 10 °C dalam udara
	dalam Udara			dalam 3% O ₂			
	0°C	10°C	20°C	0°C	10°C	20°C	
Bawang	2	4	5	1	2	2	Rendah < 10
Kubis (Decema)	2	4	11	1	3	6	
Bit	2	6	11	3	4	6	
Seledri	4	6	19	3	5	12	
Mentimun	3	7	8	3	4	6	
Tomat	3	8	17	2	3	7	
Daun Selada (Kordaat)	5	9	21	4	6	14	
Lada (hijau)	6	11	20	5	7	9	Medium 10 – 20
Wortel (utuh)	-	12	26	-	-	-	
Kentang	-	14	33	-	-	-	
Mangga	-	15	61	-	-	-	
Kubis (Primo)	6	16	23	4	8	17	
Daun Selada (Klock)	8	17	42	8	13	25	Tinggi 20 – 40
Kol-kembang	10	24	71	7	24	34	
Arbei	8	28	72	6	24	49	
Arbei-hitam	11	33	88	8	27	71	
Asparagus	14	24	72	13	24	42	
Bayam	25	43	85	26	46	77	Sangat Tinggi 40 – 60
Jagung manis	16	48	119	14	22	68	
Buah Frambus	12	49	113	11	30	73	
Wortel (potongan)	-	65	145	-	-	-	Ekstrim Tinggi > 60
Jamur (rajangan)	-	67	191	-	-	-	
Kacang Polong	20	69	164	15	45	90	
Brocoli	39	91	240	33	61	121	

- mg CO₂ dikonversikan ke ml CO₂ dengan densitas CO₂ pada 0 °C = 1,98, 10°C = 1,87
20°C = 1,77 (Sumber: 3)

2. *Keasaman (pH)*

pH dari buah dan sayuran segar akan berpengaruh pada jenis kerusakan dan jenis mikroorganisme yang tumbuh. Berbagai jenis buah-buahan seperti jeruk, nenas, apel dan buah persik memiliki pH dibawah 4,5 dan pada tingkat keasaman yang rendah seperti itu *Clostridium botulinum* tidak dapat tumbuh sehingga tidak dapat memproduksi racun yang berpotensi mematikan. Dengan demikian jenis buah-buahan yang memiliki pH rendah akan aman apabila dikemas rapat dengan kemasan vakum atau kemasan yang memiliki permeabilitas rendah, karena kecil kemungkinan berkembangnya bakteri anaerobik. Sebaliknya sayuran segar seperti daun selada, wortel, kentang, jamur, kembang-kol dan kecambah, memiliki nilai pH diatas 4,5 sehingga apabila jenis sayuran tersebut dikemas dalam kondisi anaerobik memungkinkan berkembangnya *Clostridium botulinum* (6).

3. *Aktivitas Air (a_w)*

Buah dan sayuran segar memiliki kadar air yang tinggi dengan nilai a_w berkisar antara 0,95 – 1,00, dan dengan kondisi seperti ini mikroorganisme akan mudah tumbuh, sehingga untuk menghambat laju pertumbuhannya perlu paduan yang optimal antara suhu dingin dan jenis MAP yang digunakan.

4. *Struktur Biologi*

Daya tahan jaringan tanaman untuk menyerap O_2 dan CO_2 , etilin serta uap air sangat tergantung pada struktur biologi individual dari buah-buahan dan sayuran itu sendiri.

Daya tahan ini berpengaruh pada besarnya toleransi yang dapat diberikan oleh buah dan sayuran terhadap tingkat kekurangan O_2 dan tingkat kelebihan CO_2 . Daya tahan terhadap difusi gas sangat tergantung pada jenis komoditas, kultivar, bagian tanaman, tingkat kematangan dan cara pengolahan/penanganan.

Disamping itu, berbagai faktor eksternal yang memiliki andil dalam menentukan umur simpan produk hortikultura adalah cara panen, cara penanganan, tingkat kebersihan, suhu dan kelembaban pada saat penyimpanan, serta bahan kemasan yang digunakan (1,7,9,12).

**MODIFIKASI ATMOSFIR
DALAM PENGEMASAN (MAP)**

Atmosfir di sekitar produk yang dikemas sangat dipengaruhi oleh jenis bahan kemasan serta komposisi gas awal yang digunakan, disamping itu berkurangnya oksigen dan bertambahnya kadar CO_2 merupakan konsekwensi alamiah dari proses respirasi buah-buahan dan sayuran yang disimpan di dalam wadah atau kemasan yang tertutup rapat (3).

Modifikasi komposisi atmosfir dengan kandungan gas CO_2 yang tinggi akan mengakibatkan berkurangnya laju respirasi dari buah dan sayuran yang dikemas. Jika produk hortikultura dikemas dengan rapat menggunakan lembaran film yang sangat kedap terhadap gas, maka kadar oksigen di dalam kemasan akan turun menjadi sangat rendah sehingga respirasi akan beralih ke proses anaerobik. Anaerobiosis, dengan akumulasi dari etanol, asetaldehida dan asam organik, biasanya diiringi dengan munculnya bau dan aroma yang tidak sedap sebagai pertanda menurunnya mutu produk yang dikemas. Disamping itu terbuka pula

kemungkinan munculnya patogen anaerobik seperti *Clostridium botulinum*. Guna menghindari hal tersebut direkomendasikan untuk menjaga tingkat kandungan oksigen minimum di dalam kemasan antara 2 – 3 %.

Sebaliknya, jika buah dan sayuran segar dikemas dengan menggunakan bahan kemasan yang kurang kedap terhadap gas sehingga nyaris tidak terjadi modifikasi atmosfer di dalam kemasan; hal ini mengakibatkan produk yang dikemas akan kehilangan banyak air dan produk akan kehilangan kesegarannya karena menjadi layu dan mengkerut.

Hal yang paling ideal adalah menggunakan lembaran film dengan tingkat kedapapan yang sesuai, sehingga di dalam kemasan akan tercipta modifikasi atmosfer berimbang (*equilibrium modified atmosphere, EMA*), dimana laju transmisi dari O₂ dan CO₂ melalui kemasan sama dengan laju respirasi dari produk hortikultura yang dikemas. Sistem pengemasan dengan kondisi atmosfer seperti ini dikenal sebagai modifikasi atmosfer pasif (13). Untuk mencapai dan menjaga kondisi atmosfer yang sesuai di dalam kemasan, permeabilitas gas dari lembaran film yang digunakan harus sedemikian rupa sehingga O₂ yang masuk ke dalam kemasan memiliki laju yang sama dengan O₂ yang dikonsumsi produk. Demikian juga jumlah CO₂ yang dihasilkan dari proses respirasi harus segera dikeluarkan melalui dinding kemasan. Peristiwa ini harus terjadi cepat dan tepat waktu sehingga tidak menyebabkan terciptanya kondisi kekurangan oksigen yang menimbulkan kondisi anaerobik dan/atau kelebihan karbon dioksida yang akan mengakibatkan rusaknya produk yang dikemas (3,13). Namun di dalam kenyataannya, sangatlah sulit atau nyaris tidak mungkin untuk mendapatkan jenis film yang memiliki tingkat kedapapan seperti itu, karena *EMA* juga sangat tergant-

tung pada kondisi awal produk hortikultura yang dikemas.

Dengan mengatur kondisi atmosfer di dalam kemasan atau dengan proses Modifikasi Atmosfer dalam Pengemasan (MAP), dapat diharapkan terciptanya kondisi *EMA* yang sesuai untuk jenis produk hortikultura yang dikemas.

Berbagai model telah diciptakan orang untuk memprediksi akibat dari sifat-sifat lembaran film sebagai bahan kemasan, misalnya ukuran dan jumlah perforasi mikro dari lembaran tersebut terhadap konsentrasi gas serta untuk menentukan persyaratan homogenitas minimal untuk MAP. Model semacam ini dapat digunakan untuk memprediksi efektifitas suatu bahan kemasan apabila digunakan untuk mengemas sayuran dengan laju respirasi yang tinggi, misalnya jamur (3,8).

Gas yang paling sering digunakan dalam proses MAP adalah oksigen, nitrogen, dan karbon dioksida dalam berbagai kombinasi tergantung pada jenis produk yang dikemas, khususnya dengan mempertimbangkan kemungkinan tumbuhnya mikro-flora, sensitifitas produk terhadap oksigen dan karbon dioksida, serta stabilitas warna produk. Untuk beberapa jenis buah-buahan dan sayuran segar misalnya, tabel 2 memperlihatkan kombinasi gas yang direkomendasikan untuk digunakan (5,6). Disamping untuk keperluan respirasi, oksigen juga berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri aerobik dan menghambat pertumbuhan bakteri anaerobik khususnya yang bersifat patogenik seperti *Clostridium botulinum*. Nitrogen merupakan gas yang bersifat inert dan biasa dipakai sebagai gas pengisi kemasan untuk menjaga agar kemasan tidak lempes (*collapse*). Di dalam MAP nitrogen juga digunakan sebagai pengganti oksigen guna menghambat laju pertumbuhan mikroorganisme aerobik (6).

Tabel 2. Rekomendasi Kondisi MAP untuk Berbagai Jenis Buah dan Sayuran Segar *

Jenis Produk	Suhu °C	Konsentrasi Gas, %		
		O ₂	CO ₂	N ₂
Apel	0 – 5	2 – 3	1 – 2	Berimbang
Strawberry	0 – 5	10	15 – 20	Berimbang
Alpoket	5 – 13	2 – 5	3 – 10	Berimbang
Broccoli	0 – 5	1 – 2	5 – 7	Berimbang
Selada	0 – 5	2 – 5	0 – 2	Berimbang
Jamur	0 – 5	20	10 – 15	Berimbang
Tomat	8 – 12	3 – 5	0	Berimbang
Wortel	0	2	2 – 20	Berimbang
Bawang Putih	-0,5 – 0	2	3 – 6	Berimbang
Ketimun	8 – 12	1 – 4	<5	Berimbang
Lada hijau	8 – 12	3 – 5	<5	Berimbang

* Sumber: 5,6.

Karakteristik utama yang perlu dipertimbangkan dalam memilih bahan kemasan untuk keperluan MAP buah dan sayuran segar adalah permeabilitas gas, laju transmisi uap air, sifat fisik, tipe kemasan yang akan dipilih, transparansi, daya rekat, serta kemampuan untuk diolah dalam *microwave oven* (3). Saat ini sudah banyak pilihan yang tersedia, antara lain poliester (PET) dan *metallised oriented polypropylene* (MOPP) untuk lembaran film yang bersifat *semi-barrier* (50 – 200 cm³ m⁻² hari⁻¹ atm⁻¹); polietilen densitas tinggi (HDPE), polipropilen (PP), dan polikarbonat (PC) untuk yang bersifat *medium barrier* (200 – 5000); polietilen densitas rendah (LDPE) dengan sifat *high barrier* (5000 – 10000); etilen-vinil asetat (EVA) untuk yang bersifat *very high barrier* (10000 – 15000); serta *microperforated* (MP) dan *microporous* (MPOR) untuk lembaran film dengan sifat *extremely high barrier* (>15000). Umumnya lembaran film yang dipilih harus memiliki permeabilitas terhadap CO₂ yang lebih besar dari O₂; antara 3 – 5 kali lebih besar tergantung kondisi atmosfir yang dikehendaki (3,13).

Sistem MAP dapat diaplikasikan dalam bentuk *container*, kemasan ketengan (*retail package*) yang berisi rajangan berbagai jenis komoditas, serta kemasan ketengan untuk komoditas individual.

Nilai banding antara CO₂ yang dihasilkan dan O₂ yang dikonsumsi dalam proses respirasi dikenal sebagai *respiratory quotient* (RQ), yang secara teoritis nilainya adalah satu, namun dalam kenyataannya berkisar antara 0,7 – 1,3 tergantung pada metabolisme produk. Disarankan agar kondisi MAP dapat merubah RQ, yang pada gilirannya akan berpengaruh pada perubahan kondisi atmosfir yang terbentuk sebagai akibat dari terjadinya proses respirasi produk hortikultura di dalam kemasan. Laju respirasi sangat sensitif terhadap perubahan konsentrasi O₂ dibawah 8% dan CO₂ diatas 1%. Apabila O₂ berkurang atau CO₂ bertambah melampaui batas toleransi yang dapat diterima produk yang dikemas, maka respirasi akan mengarah ke proses anaerobik atau akan berakibat meningkatnya kerusakan produk karena CO₂ (13).

PENGARUH MAP TERHADAP MUTU PRODUK HORTIKULTURA

Pengaruh MAP terhadap mutu produk hortikultura segar yang dikemas, antara lain:

- Berkurangnya kadar oksigen dan meningkatnya CO₂ dapat menghambat proses pematangan buah, memperlambat laju respirasi dan laju produksi etilen sehingga mengurangi sensitivitasnya dalam proses pematangan, memperlambat proses pelunakan serta mengurangi perubahan komposisional yang berkaitan dengan proses pematangan (13).
- Pengaruh gabungan dari berkurangnya O₂ dan naiknya CO₂ terhadap proses respirasi dapat lebih besar dari pada pengaruh masing-masing, namun tingkat kenaikan CO₂ yang melampaui batas toleransi dapat menyebabkan timbulnya kerusakan fisiologis pada produk yang dikemas, sementara penurunan O₂ yang melampaui batas toleransi akan menyebabkan terjadinya proses respirasi anaerobik yang diikuti oleh timbulnya bau akibat akumulasi terjadinya etanol dan asetaldehida. Disamping itu, respirasi anaerobik dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada produk yang dikemas seperti memucatnya brocoli dan selada karena terjadi oksidasi senyawa fenol oleh enzim fenolase, hilangnya klorofil pada sayuran yang berwarna hijau, melunaknya buah-buahan yang dikemas, perubahan morfologi daun brocoli dari halus menjadi keriting, timbulnya bau yang tidak sedap pada wortel karena terbentuknya *iso-coumarine*, atau menjadi coklatnya bagian dalam (*brown heart*) dari produk yang dikemas karena terkumpulnya asam suksinat oleh kegiatan enzim oksidase yang terhambat (7). Studi yang dilakukan oleh Lilly *et al*, 1996, memperlihatkan bahwa spora *Clostridium botulinum* terdapat pada sayuran segar yang sudah dipotong dalam konsentrasi yang cukup rendah (0,36%), tetapi dalam kondisi anaerobik tidak tertutup kemungkinan untuk berkembang-biak sampai ke tingkat yang berpotensi membahayakan konsumen yang menyantapnya (8).
- Selama masih dalam batas toleransi, rendahnya O₂ dan/atau tingginya CO₂ dapat mengurangi tingkat kerusakan fisiologis yang timbul karena terbentuknya C₂H₄ seperti pada buah apel, *pear* dan bercak coklat kemerah-merahan pada daun selada (13).
- *Chilling injury* dari beberapa jenis komoditas seperti alpokat, semua jenis jeruk, kacang-kacangan dan lada dapat dikurangi dengan MAP, sementara kerusakan fisiologis lainnya seperti *brown stain* pada daun selada, pencoklatan internal dengan bercak hitam pada permukaan kulit buah delima, atau menghitamnya bagian dalam kentang, dapat terjadi sebagai akibat dari penerapan MAP yang tidak tepat (13).
- Perlu dicatat pula bahwa dengan adanya cahaya, jaringan berwarna hijau akan melakukan fotosintesa. Dalam hal demikian sebagian besar CO₂ yang dihasilkan pada proses respirasi akan diserap kembali pada fotosintesa, berakibat konsentrasi O₂ di sekitar produk naik yang menyebabkan naiknya laju respirasi (10).

- Percobaan yang telah dilakukan terhadap buah tomat segar menunjukkan bahwa proses MAP dengan menggunakan bahan kemasan yang sesuai dapat memperlambat proses pematangan dari tomat setengah matang yang dikemas serta memperpanjang umur simpan tomat sampai dua minggu dan memperkecil tingkat kerusakan karena adanya buah yang kelewat matang. Efektifitas penundaan proses pematangan ini dicapai pula pada suhu penyimpanan 10 dan 20 °C (4).
- Proses MAP yang diterapkan pada sari jeruk segar dapat memperpanjang umur simpan sampai lima minggu dalam keadaan tetap segar dengan kandungan vitamin C yang nyaris tidak berubah. Sementara aplikasi MAP terhadap buah nenas segar matang-pohon dapat memperpanjang umur simpan sampai lebih dari tiga bulan (2).
- Secara umum dapat dikatakan bahwa produk hortikultura segar yang dikemas dengan teknologi MAP akan sampai pada konsumen dalam kondisi baik dan tetap segar. Walaupun biasanya konsumen tidak akan peduli terhadap teknologi pengemasan yang digunakan, tingkat kesulitan yang dihadapi, serta besarnya biaya tambahan yang diperlukan, namun mereka tetap akan peduli terhadap mutu produk yang dibelinya dengan harga yang *reasonable* (6).

PENGARUH MAP TERHADAP PERTUMBUHAN PATOGEN

Pemilihan konsentrasi oksigen dan karbondioksida, permeabilitas bahan kemasan serta suhu penyimpanan merupakan

kriteria penting yang harus diperhatikan agar optimasi teknologi MAP yang diterapkan pada produk hortikultura segar dapat tercapai (11). Secara umum suhu rendah memang dapat menyebabkan aktivitas organisme juga rendah, sehingga produk hortikultura dapat tahan lebih lama, namun suhu rendah yang tidak merusak produk biasanya juga tidak membunuh patogen, tetapi dapat mencegah atau menghambat aktifitasnya (7).

Kendati dengan proses MAP dan suhu penyimpanan rendah umur simpan produk hortikultura yang dikemas dapat diperpanjang, namun perlu diwaspadai kemungkinan terjadinya transmisi patogen psikrotropik seperti *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium botulinum*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus aureus* yang dapat tumbuh pada suhu rendah dengan kondisi atmosfer termodifikasi (6,9,11). Bertambahnya umur simpan produk hortikultura segar yang dikemas dengan teknologi MAP memang akan memberi peluang pada jenis patogen tertentu untuk berkembang biak sampai tingkat yang membahayakan bagi manusia, sementara produk yang dikemas masih tampak layak-santap. Kondisi seperti ini, yaitu produk yang kenampakannya masih layak-santap tetapi sebenarnya bila dimakan dapat menimbulkan infeksi atau keracunan, jauh lebih berbahaya dibanding dengan produk yang jelas rusak atau busuk karena orang akan segan untuk menyantapnya (8). Mengingat bahwa *Listeria monocytogenes* banyak terdapat pada tanah, tanaman dan sekitar daerah pertanian, maka organisme ini praktis akan terdapat secara alami pada berbagai jenis sayuran segar seperti selada dan kol misalnya. Dengan demikian apabila produk ini dikemas dengan teknologi MAP

dan disimpan pada suhu 5 – 8 °C dimana *L. monocytogenes* mampu berkembang biak, maka dikhawatirkan perkembangan ini akan sampai ke tingkat yang beresiko untuk kesehatan, walaupun produk masih tampak segar dan uji organoleptik pun tidak memberikan indikasi adanya kerusakan (8). Ternyata dengan cara penyimpanan pada suhu yang lebih rendah seperti yang tercantum dalam tabel 2 laju pertumbuhan *L. monocytogenes* ini dapat diperlambat, dan terbukti pula bahwa penggunaan bakteri asam laktat antagonistik atau filtrat kulturnya dapat mencegah laju pertumbuhan bakteri patogen pada sayuran segar siap-santap (11).

Sementara itu Rippon (9) menulis bahwa:

- Hasil percobaan yang dilakukan oleh Berrang *et al*, 1989, memperlihatkan bahwa *A. hydrophila* tidak terpengaruh oleh MAP dengan 3 – 10% karbon dioksida dengan suhu penyimpanan 4 dan 15 °C, sementara itu peneliti lainnya menyebutkan bahwa penggunaan karbon dioksida dengan konsentrasi tinggi dapat mencegah pertumbuhan patogen psikrotropik ini, tetapi merusak sayuran segar yang dikemas. Laju pertumbuhan bakteri, ragi dan jamur umumnya memang dapat dicegah dengan meningkatnya penggunaan CO₂, namun harus tidak melebihi batas toleransi normal untuk tiap jenis produk hortikultura yang dikemas (2).
- Apabila sayuran segar yang akan dikemas sudah terkontaminasi lebih dulu oleh *Escherichia coli* O157:H7, maka proses MAP dengan 3% oksigen dan 97% nitrogen tidak akan mampu menghambat laju pertumbuhan *E. coli* tsb.
- *Strawberry* yang dikemas dengan MAP berisi 20% CO₂ dan disimpan pada suhu 0 °C, disamping

memperpanjang umur simpan ternyata juga dapat mengurangi tingkat kerusakan karena *Botrytis cinerea*.

- Mengingat bahwa buah yang matang akan lebih mudah menjadi busuk, maka tidaklah mengherankan apabila aplikasi MAP yang diberi tambahan gas etilen untuk mempercepat proses pematangan buah yang dikemas akan mempercepat pula proses pembusukan, misalnya proses pembusukan oleh *Alternaria* pada tomat serta oleh *Diplodia* dan antraknosa *Colletotrichum* spp. pada buah jeruk.
- Beberapa jenis jamur seperti *Rhizopus stolonifer* dan *Geotrichum candidum* tumbuh dengan sangat lambat pada suhu dibawah 10 °C, sementara jenis jamur lainnya seperti *Botrytis* spp. dan *Penicillium* spp. mampu tumbuh dengan baik pada suhu 1 °C.

Dalam hal buah dan sayuran segar yang memiliki laju respirasi tinggi, selalu harus diperhitungkan komposisi O₂ dan CO₂ awal yang optimum untuk mengurangi laju pertumbuhan bakteri perusak yang bersifat aerob, serta permeabilitas bahan kemasan yang optimal pula untuk mencegah timbulnya respirasi anaerobik dan *necrosis* dari produk hortikultura tersebut. Untuk kecambah misalnya, dengan kondisi atmosfer awal 5% O₂ dan 15% CO₂ serta permeabilitas bahan kemasan 50.000 ml O₂ m⁻².hari⁻¹.atm⁻¹ akan dicapai umur simpan 4 – 5 hari (8).

KESIMPULAN

1. Secara umum dapat disimpulkan bahwa teknologi Modifikasi Atmosfir dalam Pengemasan (MAP) jika diaplikasikan dengan benar mampu memperpanjang

umur simpan produk hortikultura segar dengan tetap menjaga kesegarannya.

2. Kendati dengan proses MAP dan suhu penyimpanan rendah umur simpan produk hortikultura segar yang dikemas dapat diperpanjang, namun perlu diwaspadai kemungkinan terjadinya transmisi patogen psikrotropik yang dapat berkembang biak pada suhu rendah, misalnya *Listeria monocytogenes* mikroorganisme aerobik yang mampu berkembang-biak pada suhu 5 – 8 °C, atau *Clostridium botulinum* yang mampu berkembang-biak pada kondisi anaerobik. Perlu diingat pula bahwa suhu rendah yang tidak merusak produk biasanya juga tidak membunuh patogen, tetapi hanya dapat mencegah atau menghambat aktifitasnya.
3. Pemilihan konsentrasi O₂ dan CO₂ permeabilitas bahan kemasan serta suhu penyimpanan merupakan kriteria penting yang harus diperhatikan agar optimasi teknologi MAP yang diterapkan pada produk hortikultura segar dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aneka Gas Industri PT, Preservasi Produk Hortikultura Segar dengan Teknologi Aplikasi Gas Industri, presentasi dalam seminar 'Peran Kemasan Dalam Menunjang Ekspor Non-Migas', Jakarta 19 Juli, 1999.
2. Anon, The Use of Modified Atmosphere Packaging (MAP) for the International Distribution of Fresh Produce Export Packaging, International Trade Centre UNCTAD/GATT, Note 39, November 1995.
3. Day, BPF, Active Packaging for Fresh Produce, International Symposium on Interaction: Food – Food Packaging Materials, Lund, 8 – 10 June 1994.
4. Geeson JD, *et al*, Modified Atmosphere Packaging to Extend the Shelf Life of Tomatoes, *Journal of Food Technology*, **20**, 1985.
5. Lee KS, *et al*, Modified Atmosphere Packaging of a Mixed Prepared Vegetable Salad Dish, *Int'l Journal of Food Science and Techn.*, **31**, 1996.
6. Lioutas TS, Challenges of Controlled and Modified Atmosphere Packaging: A Food Company's Perspective, *Food Technology*, September 1988.
7. Martoredjo T, Ilmu Penyakit Lepas Panen, Ghalia Indonesia, Jakarta, 83.
8. Phillips CA, Modified Atmosphere Packaging and Its Effects on the Microbiological Quality and Safety of Produce, *International Journal of Food Science and Technology*, **31**, 1996.
9. Rippon LE, Wastage of Postharvest Fruit and Its Control, *CSIRO Food Research Quarterly*, Vol.40, No.1, March 1980.
10. Robertson GL, New Techniques for Extending Product Shelf Life, *Asian Packaging Federation Congress*, Jakarta 1990.
11. Vescovo M, *et al*, Combined Effects of *Lactobacillus casei* inoculum, Modified Atmosphere Packaging and Storage Temperature in Controlling *Aeromonas hydrophila* in Ready-to-use Vegetables, *International Journal of Food Science and Technology*, **32**, 1997.
12. Winarno FG, Aman M, Fisiologi Lepas Panen, Sastra Hudaya PT, Jakarta, 1979.
13. Zagory D and Kader AA, Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce, *Food Technology*, September 1988.
14. Zagory D, The Technology of Reduced Oxygen Packaging, Export Packaging Note, International Trade Centre UNCTAD/GATT, No. 38, November 1993.